

## HAVAINTOJA MÄNNYN PAKSUUSKASVUN LOPPUMISESTA JA PUIDEN KELOUTUMISESTA INARIN LAPISSA

MATTI LEIKOLA

### SUMMARY:

ON THE TERMINATION OF DIAMETER GROWTH OF  
SCOTS PINE IN OLD AGE IN NORTHERNMOST  
FINNISH LAPLAND

Saapunut toimitukselle 30. 11. 1968

Tutkielmassa on valaistu männyn sädekasvun loppumista rungon eri korkeuksilla ja puiden keloutumista Inarin Lapin metsätalousalueella. Aineistona on kolmekymmentä kuolevaa tai jo kuollutta mäntyä eräästä luonnontilaisesta männiköstä.

Vanhojen mäntyjen lustonmuodostuksen huomattiin tulevan vaillinaiseksi puiden saavuttaessa biologisen vanhuuden kauden. Ensiksi esiintyi jälleen toiminnan lakkaamista rungon oksattomassa osassa, sitten tyvessä ja viimeksi latvuksen tasalla. Milloin puun kuoleminen alkoi latvuksen kuivumisella, myös lustonmuodostus loppui ensiksi rungon yläosasta. Verrattaessa puiden kuoleamisen ajankohtia heinäkuun keskilämpötiloihin, selvää riippuvuutta ei voitu havaita. Mäntyjen luontainen kuoleminen tapahtui keskimäärin 420-450 vuoden iässä. Kuolleen männyn muuntuminen hopeanhoitoiseksi keloksi kesti keskimäärin 35-40 vuotta.

Vanhuuden saavuttanut tai biologiseen yli-ikäisyyteen kuollut puu on taousmetsissämme harvinainen näky, jonka merkitys on suurempi esteettisenä kuin ekonomisena ilmiönä. Maassamme on männiköiden luontaiseen keloutumiseen kiinnittänyt huomiota mm. RENVALL (1919), ja erilaisten metsiköiden vanhuuden aikaista kehitystä ja puiden kuolemaa ovat käsitelleet myös ILVESSALO (1937, 1952), KALELA (1945) ja SIRÉN (1955).

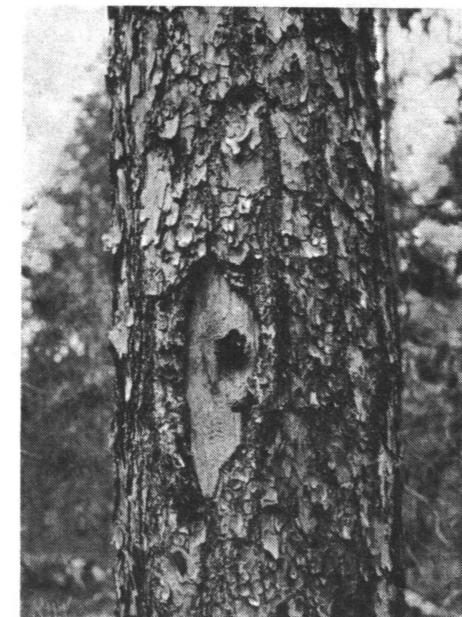
Kasvu on biologinen tapahtumasarja, joka jatkuu koko puun elämän ajan. Kasvusolukon toiminnan voimakkuus kuvastaa myös puuyksilön elinvoimaa ja biologista kuntoa. Suunnattaessa huomio puiden vanhuuden ja vähittäisen kuoleman tunnusmerkkeihin, tarjoaakin kasvun intensiteetti hyvän lähtökohdan kysymyksen tarkastelulle.

Tämä kirjoitus on lyhennelmä tutkielmasta, jonka tarkoituksena oli seurata männyn sädekasvun loppumista ja myös tehdä havaintoja männyn keloutumisnopeudesta Lapissa (LEIKOLA 1962b). Haluttiin ennen kaikkea valaista kysymystä jälleen toiminnan lakkaamisesta kuolevassa rungossa ja keloutumisen ulkonaisten merkkien ilmaantumisenopeudesta jo kuolleissa puissa.

### Tutkimusaineisto ja -menetelmä

Koska havainnot oli tarkoitus keskittää mahdollisimman vanhoihin, luonnontilaisiin metsikköihin, Inarin Lapin mäntymetsät näyttivät tarjoavan parhaat mahdollisuudet tällaisten löytämiseen. Edeltävien tiedustelujen perusteella näytemetsikkö valittiin Luttojoen ja sen sivuhaaran, Suomujoen, väliseltä alueelta. Pyrkimyksenä oli aluksi etsiä sellainen metsikkö, jossa mikään väkivaltaisen sivuvaikutus, kuten ankara kulo, myrsky tai ihmisen toimenpiteet eivät olisi päässeet vaikuttamaan. Tästä vaatimuksesta piti kuitenkin tinkiä jonkin verran, sillä esim. kulon käymättömiä metsiköitä ei maassamme liene, eräitä yksittäisiä tunturilaaksoja ja ulappasaaria ehkä lukuun ottamatta.

Ratkaisevan syyn näytemetsikön valintaan osoitti kuitenkin tarjolla oleva keino puiden kuolinajankohdan määrittämiseksi. Metsikössä oli tämän vuosisadan alussa (v. 1907 Inarin hoitoalueen asiakirjojen mukaan) suoritettu määrittämään perustuva leimaus. Hakkuita ei kuitenkaan koskaan oltu ulotettu näin kauas uittokelpoisesta vesistöstä. Leimat olivat vielä selvästi näkyvissä



Kuva 1. Osaksi umpeen kasvanut leima männyn kyljessä.  
Leimaus v. 1907, valokuvaus v. 1961.

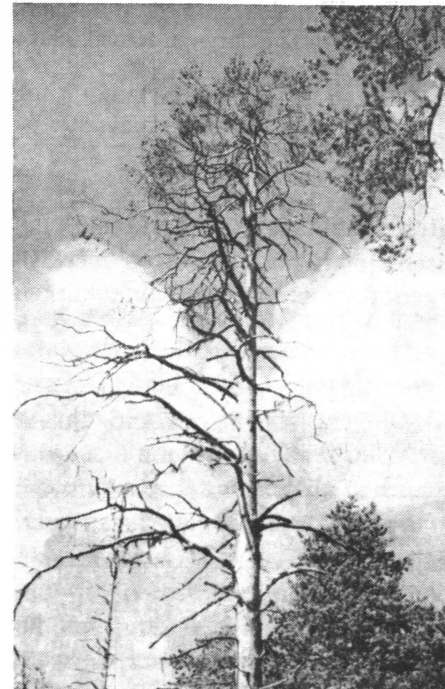
puiden kyljissä osaksi kiinni umpeutuneina (kuva 1). Koska leimauksen ajankohtana keloja ei hyväksytty lainkaan mukaan tukkileimikkoihin, voitiin edellyttää, että kaikki leimatut puut olivat tuolloin olleet vielä elossa. Tämä seikka voitiin tarkistaa alustavasti leimanäytteistä sekä myöhemmin vuosilustoanalyysin avulla.

Metsikkö oli eri-ikäinen variksenmarja-mustikkatyypin (EMT) männikkö. Vallitsevaan ikäluokkaan oli jo aikaisemmin ilmestynyt aukkoja, jotka nuori metsä oli täyttänyt. Koepuiksi valittiin kesällä 1961 kolmekymmentä vallitsevassa asemassa olevaa, vanhuuttaan kuolevaa tai jo kuollutta, leimattua puuta. Ne jaettiin biologisen kuntosensa perusteella viiteen eri luokkaan seuraavasti:

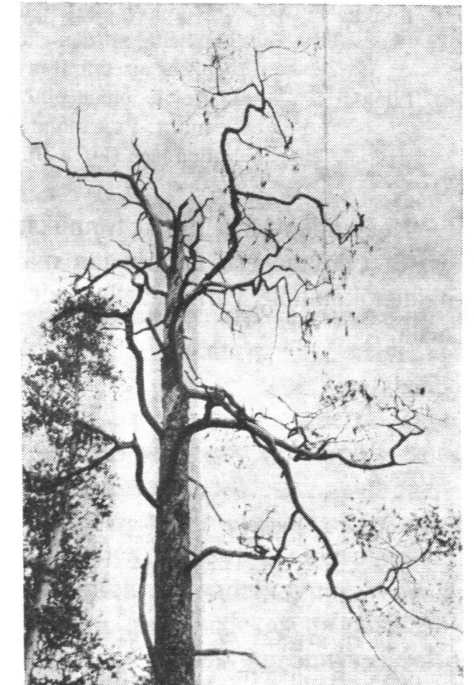
- Luokka 1. EI+ Vielä täysin terveet, neulastoltaan vihreät ja ulkonaisesti elinvoimaiset puut (kuva 2).
- Luokka 2. EI- Puut, joissa oli havaittavissa selviä elinvoiman heikkenemisen merkkejä, kuten neulaston kellastumista, yksittäisten latvaoksien kuivumista jne. (kuva 3).
- Luokka 3. + Puut, joiden elinvoima oli selvästi loppumaisillaan tai jo loppunut. Neulaset keltaiset, oksisto harsu. Vain siellä täällä mahdollisesti jokin elinkykyinen oksa jäljellä (kuva 4).



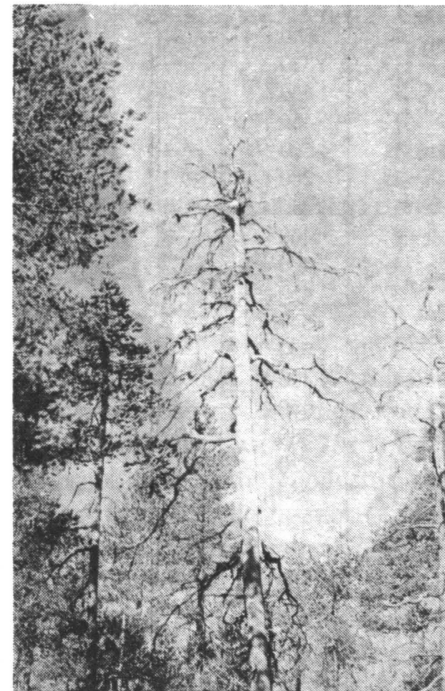
Kuva 2. Kuntoluokka EI + Koepuu no 30.



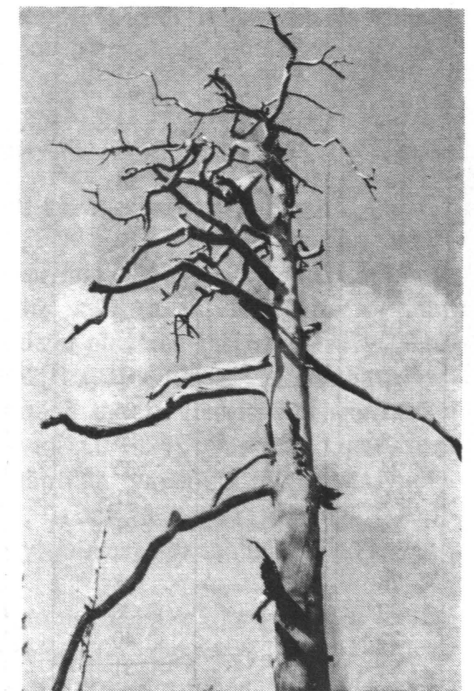
Kuva 3. Kuntoluokka EI -. Koepuu 15.



Kuva 4. Kuntoluokka +. Koepuu 31.



Kuva 5. Kuntoluokka ++. Koepuu 24.



Kuva 6. Kuntoluokka +++. Koepuu 20.

Luokka 4. ++ Kuolleet puut, joiden kaarnavaippa oli kuitenkin melkein kokonaan jäljellä. Mitään elonmerkkejä ei latvustossa esiintynyt. Hennot pikkuoksat useimmiten jäljellä (kuva 5).

Luokka 5. +++ Kelot, joiden pinta oli joko kokonaan tai suurimmaksi osaksi paljastunut. Puu mahdollisesti hopeanhoitoista. Kaikki pikkuoksat jo pudonneet (kuva 6).

Koepuiden tärkeimmät tunnuksat on esitetty taulukossa 1. Muutaman puun osalta tyvilaho esti tarkan iän määrittämisen, joten taulukkoon on merkitty näiden kohdalle varmuudella todettavissa oleva vähimmäisikä rinnankorkeudella.

Taulukko 1. Tärkeimmät tiedot koepuista.

Puu no	Kunto-luokka	Rinnank. läpim., cm	Pituus, m	Latvus kerros	Ikä, v.	Leim., kpl.	Näytt., kpl.
3	+	34	11	II	350+	1	7
4	EI-	34	13	I	320+	1	8
5	+++	24	12	I	300+	1	7
6	++	38	12	I	400+	2	7
7	E.-	39	15	I	400	2	8
8	++	35	13	I	450+	2	7
9	EI-	31	12	I	540	1	7
10	EI-	27	13	II	320	—	7
11	EI+	40	14	I	450+	3	7
12	EI-	33	14	I	450+	1	7
13	+++	28	12	I	500+	1	7
14	+	31	15	I	280+	1	8
15	EI-	38	14	I	450+	1	8
16	+++	33	14	I	460	2	7
17	++	38	14	I	400	2	8
18	+++	30	12	I	450+	1	7
19	EI-	42	15	I	540	2	7
20	+++	39	16	I	550	2	8
21	++	39	15	I	400+	2	9
22	EI-	26	13	I	450+	—	7
23	++	23	14	I	380	2	7
24	++	35	14	I	320	2	8
25	EI-	31	16	I	350+	1	9
26	EI-	27	14	I	320+	—	8
27	++	34	16	I	300+	2	8
28	+	18	15	II	350+	—	9
29	++	38	17	I	400+	1	9
30	EI+	40	16	I	350+	1	8
31	+	31	13	I	380	1	7
32	+	25	13	I	350+	—	7

Eri kuntoluokkia oli aineistossa edustettuina seuraavasti:

Luokka	Koepuita, kpl
EI+	2
EI-	10
+	5
++	8
+++	5

Kaikista koepuista otettiin kiekkonäytesarja jokaisen parillisen metriluvun kohdalta sekä rinnankorkeudelta. Ennen kuljetusta kiekot halkaistiin sekto-reiksi. Leimakohdat sahattiin irti rungoista n. 10 × 15 × 3 cm kappaleina. Kiekot hiottiin sileiksi ja mitattiin lustonmittauskojeella. Jokaisen kiekon vuosilustoindeksiin kuvaaja piirrettiin, ja rungon eri korkeuksilta laaditut säde-kasvun kuvaajat ajoitettiin vertaamalla niitä MIKOLAN (1950) esittämään män-nyn vuosilustoindeksiin Lapin ryhmään. Ajoituksessa käytettiin vertailuajan-jaksona vv. 1750—1947. Tämän jakson alussa olivat aineiston nuorimmatkin puut jo sivuuttaneet normaaliin kasvurytmiin kuuluvan sädekasvun maksimi-kohdan, joten useimpien koepuiden juoksevan vuotuisen sädekasvun normaali-kuvaajan voitiin katsoa lähenevän suoraa viivaa. Vain kahta koepuuta ei voitu ajoittaa riittävän tarkasti.

Leimausnäytteet sahattiin keskeltä poikki ja lustonmuodostus mitattiin va-hingoittuneen kohdan vierestä. Erityistä huomiota kiinnitettiin sen vuosilusto-määrän selville saamiseen, joka kyljekseen oli leimauksen jälkeen kerrostunut.

#### Tutkimustulokset

#### MÄNNYN SÄDEKASVUN LOPPUMINEN ERI KORKEUKSILLA

Yleisesti on tunnettua, että puiden lustovaippa ei ole joka kohdastaan saman vahvuinen. Puun vanhetessa sen runkomuoto muuttuu ja vuosiluston vahvuus on tällöin suurin latvuksen alaosan korkeudella pieneten tasaisesti siirryttäessä kohden tyveä (mm. YOUNG ja KRAMER 1952, LARSON 1963). Eräiden havainto-jen mukaan jäljen toiminta saattaa toisinaan lakata tietyissä rungon osissa kokonaan (esim. LAKARI 1915, FRITZ ja AVERALL 1924). Joissakin tapauksissa epätäydellinen lustonmuodostus voi olla sääntönä, varsinkin milloin kasvuolo-suhteet ovat erittäin huonot (LARSON 1956, GLOCK ja AGERTER 1962). Skandi-naviassa tämä ei kuitenkaan ole kovinkaan yleistä edes vanhoilla puilla (MIKOLA 1950, SIRÉN 1961 ym.).

Tutkielman koepuiden sädekasvun loppumisvuodet eri korkeuksilla on esi-tetty taulukossa 2. Kuvassa 7 on eri kuntoluokkia edustavat puut yhdistetty kahdeksi ryhmäksi. Kuten sekä taulukosta että kuvasta voidaan havaita, säde-kasvu on jatkunut keskimäärin kauimmin latvuksen alarajan tienoilla. Oksatto-

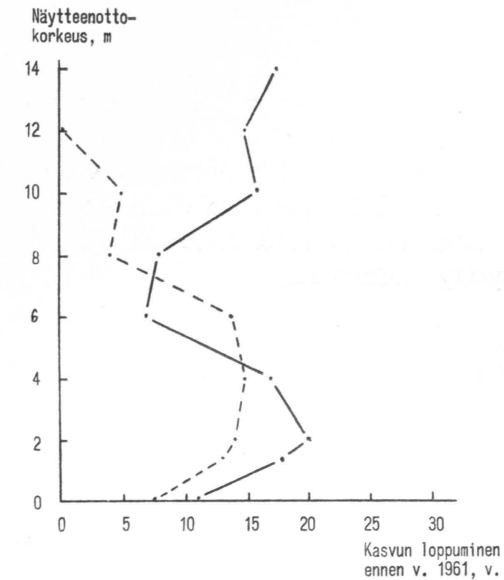
Taulukko 2. Koepuiden sädekasvun loppumisvuodet eri korkeuksilla. Mittaus vuonna 1961.  
Kahta koepuuta (no 3 ja 28) ei kyetty ajoittamaan, joten ne on jätetty pois.

Kuntoluokka	Puu no	Havaintokohdan korkeus, m.									
		0	1.3	2	4	6	8	10	12	14	
EI+	11	1952	1951	1942	1944	1959	1960				
EI+	30	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960			
EI-	4	1959	1958	1957	..	1953	1960	1958	1958		
EI-	7	..	1929	1921	1943	1942	1958	1960			
EI-	9	1958	1958	1937	1930	1930	1927	1927			
EI-	10	1930	1927	1936	1931	1945	1939	1950			
EI-	12	1944	1931	1940	1932	1937	1942	1930			
EI-	15	1948	1943	1948	1942	1951	1960	1959	1960		
EI-	19	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960		
EI-	22	1933	1913	1917	1909	1869	1948	1953			
EI-	25	1843	1944	1946	1950	1952	1959	1947	1960	1919	
EI-	26	..	1957	1957	1960	1960	1960	1960	1960		
+	14	1939	1935	1932	1931	1926	1943	1944	1942		
+	31	1939	1909	1899	1898	1943	1944	1933			
+	32	1948	..	1954	1951	1944	1954	1922			
++	6	1960	1924	1923	1913	1938	1924	1925	1900		
++	8	1935	1920	1935	1923	1934	1943	1946			
++	17	1913	1911	1921	..	1939	1928	1932	1934		
++	21	1923	1937	1934	1932	1925	1933	1938	1938	1925	
++	23	1942	1902	1892	1911	1939	1892	1892			
++	24	..	1921	1912	1937	1950	1951	1952	1960		
++	27	1912	1907	1904	1913	1919	1908	1919	1868		
++	29	..	1918	1921	1943	1951	1951	1918	1951	1939	
+++	5	1925	1930	1925	1927	1924	1932	1938			
+++	13	..	1932	1919	1924	1929	1925	1918			
+++	16	1901	1911	1914	1907	1918	1920	1896			
+++	18	1890	1888	1871	1879	1888	1897	1862			
+++	20	1902	1902	1904	1904	1903	1898	1881	1875		

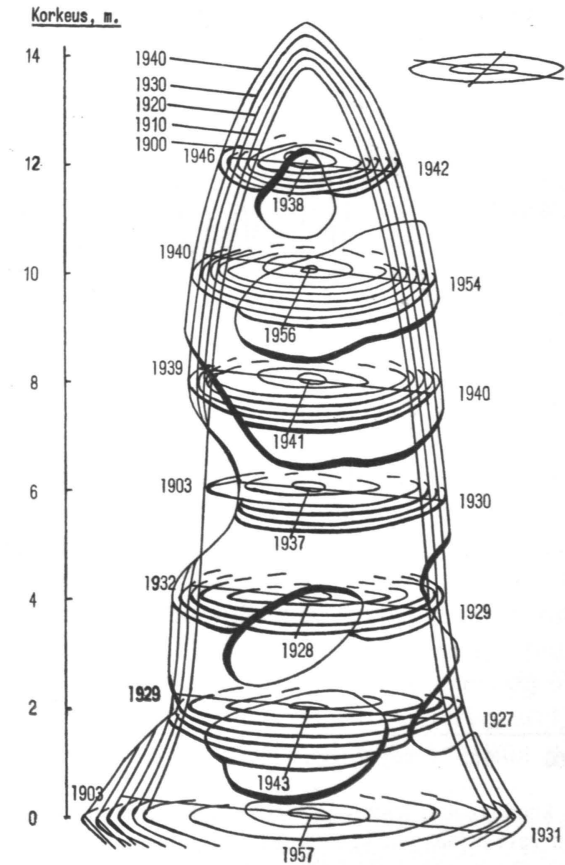
Merkkien selitykset:

.. = pintalahon tms. vuoksi sädekasvun loppumisvuotta ei kyetty määrittämään.

massa rungon osassa (2—6 m) on jälsi yleensä lopettanut toimintansa ensiksi, kun taas tyviosan kasvu on usealla puulla jatkunut pitkäänkin. Tämä viittaa myös elimellisten juuriyhteyksien olemassaoloon puiden kesken (YLI-VAKKURI 1953). Puun latvaosassa lustonmuodostuksen loppuminen on ollut hyvin vaihtelevaa. Milloin puun kuoleminen on alkanut selvästi latvan kuivumisella (mm. puut 25, 31 ja 32) latvaosan paksuuskasvu tietenkin loppunut jo kauan ennen rungon alempia osia. Mutta milloin latvus on säilynyt edes joksikin terveenä



Kuva 7. Koepuiden paksuuskasvun loppuminen rungon eri korkeuksilla. Katkoviiva = kuntoluokat EI+ ja EI-, yhtenäinen viiva = kuntoluokat +, ++ ja +++.



Kuva 8. Esimerkki erään koepuun (no 14) paksuuskasvun loppumisesta rungon eri kohdissa.

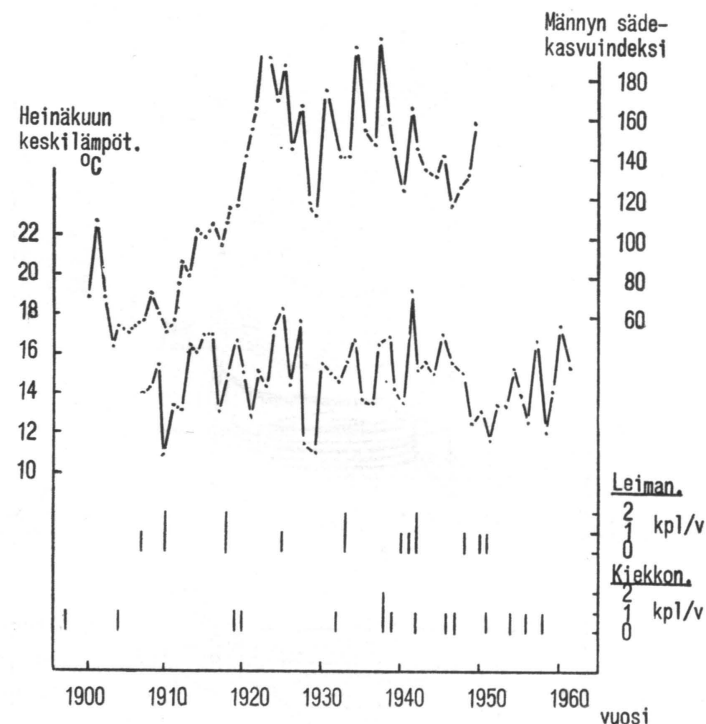
ja elinvoimaisena, sen paksuuskasvukin on jatkunut aina puun lopulliseen kuolemaan saakka.

Kuvassa 8 on esitetty esimerkki erään puun lustonmuodostuksen loppumisesta rungon eri kohdissa. Ilmeistä on, että lustokato puun kuollessa noudattaa rungon kierteisyyttä (mm. LAKARI 1915, LARSON 1956, 1963), mutta tätä ei aineiston puitteissa kyetty toteamaan.

#### KASVUKAUDEN LÄMPÖTILAN VAIKUTUS MÄNNYN KUOLEMISEEN

Lapissa on kasvukauden lämpötila se tekijä, joka voimakkaimmin vaikuttaa havupuiden kasvuun (MIKOLA 1950, SIRÉN 1961). Poikkeuksellisen huonoina vuosina ovat epäedulliset sääsuhteet saattaneet aikaansaada todellista puiden joukkokuolemista Skandinavian pohjoisosissa (esim. ANDERSSON 1905, MIKOLA 1952), mutta jo vaikutukseltaan kohtalaisen epäedullisten kausien on väitetty asettavan heikkojen puiden kestokyvyn koetukselle (mm. RENVALL 1919).

Kuvassa 9 on esitetty koepuiden kuolemisvuodet kahdella eri tavalla määritettyinä. Leimanäytteiden avulla saatu ajankohta ilmaisee vuoden, jolloin



Kuva 9. Koepuiden kuolinvuodet leima- ja kiekkonäytteiden mukaan määritettyinä. Vertauksen vuoksi on kuvassa heinäkuun keskilämpötilat Sodankylän havaintoasemalla (alempi kuvaaja) sekä männyn sädekasvuindeksi Lapissa MIKOLAN (1950) mukaan (ylempi kuvaaja). Puut no 3 (leimanäyte epäselvä) ja no 20 (kuollut ennen leimausta) puuttuvat kuvasta.

kyljeksien kasvu on päättynyt, ja kiekkonäytteiden mukaan saatu vuosi on se, jolloin kyseinen puu muodosti viimeksi vuosiluston jollakin mittauskorkeudella.

Vertailtaessa heinäkuun keskilämpötiloja puiden oletettuihin kuolinvuosiin, selvää riippuvuutta ei esiinny. Niinä vuosina, jolloin kuolemista on tapahtunut, keskilämpötila on ollut 14.6°C, ja niinä vuosina jolloin kuolemista ei sattunut se oli 14.9°C. Ero on liian vähäinen todistaakseen minkäänlaisen kausaalisuhteen vallitseminen puolesta.

Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä muistaa jättäytymisilmiön merkitys. Kun sekä versojen pituuskasvu että neulasten kehitys riippuvat ennen kaikkea edeltäneen kesän sääoloista (mm. HUSTICH 1948), saattaa puun yhteyttävä solukko pienetä huonon vuoden jälkeen alle elintoimintojen vaatiman minimin, ja jälsikerros kuolee vasta vuoden tai kahden kuluttua.

#### MÄNNYN KELOUTUMISNOPEUS

Koepuiden varmuudella määritetyt vähimmäisiät ovat kuntoluokittain esitettyinä seuraavat:

Kuntoluokka	Puita, kpl.	Keskimääräinen vähimmäisiä, vuotta
EI +	2	400
EI -	10	414
+	5	342
++	8	381
+++	5	452

Vaikka on syytä pitää mielessä, että yllä esitetyt iät ovat vain vähimmäisarvoja, ja että puiden todelliset iät saattavat olla nyt esitetyjä jonkin verran korkeampia, voidaan tutkimusaineistoon perustuvana päätelmänä esittää, että normaalioloissa männyn luontainen kuoleminen ei Inarin Lapissa tapahdu ennen kuin puun sivuutettua neljänsadan ikävuoden rajan. Tämän jälkeen alkaa puun tilassa useimmiten ilmetä selvää rappeutumista, ja poikkeuksia lukuun ottamatta puut kuolevat ennen viidensadan vuoden ikää. Mikään selvä ulkoinen syy ei kuitenkaan myötävaikuta puun kuolemiseen juuri tässä iässä, ja mm. vanhimmat Suomen Lapista löydettyt männyt ovatkin olleet yli 700 vuoden ikäisiä (esim. SIRÉN 1961). Ylipäänsä on sanottava, että mäntyjen kuolemiseen vaikuttavat syyt ovat toistaiseksi vielä hämärän peitossa (LEIKOLA 1962a ym.).

Eri kuntoluokkiin kuuluvien puiden keloutumisnopeutta tarkasteltaessa havaitaan tähän tapahtumasarjaan kuluvaan ajan vaihtelevan jonkin verran eri yksilöillä. Keskimäärin voidaan kuitenkin sanoa, että kolmanteen kuntoluok-

kaan (+) kuuluvat puut olivat olleet ilman havaittavaa paksuuskasvua 9 vuotta, neljännen kuntoluokan (++) puut 25 vuotta, ja viidennen kuntoluokan (+++) puut 38 vuotta. Nämä aikamäärät perustuvat leimauskohdan kyljeksi kasvun loppumiseen.

Kuivat, keltaiset neulaset putoavat lopullisesti 3—5 vuoden kuluttua kasvun loppumisesta. Pienehköt oksat karisevat 10—15 vuoden kuluttua, kaarnakerros peittää vain osan runkoa 18—22 vuoden kuluttua, ja kehitys kuolemisenstä hopeanhoitoiseksi hongaksi vie männyltä aikaa n. 35—40 vuotta.

Pystyssä kelohonka saattaa seistä kauankin riippuen vallitsevista tuulisuh-teista ja kasvupaikan maaperästä. Tutkimusmetsikössä ei havaittu yhdenkään leimatun puun ehtineen kaatua leimauksesta havaintovuoteen kuluneiden 53 vuoden aikana. Skandinaavisessa kirjallisuudessa on useita mainintoja tapauk-sista, jolloin mäntykelot ovat todistettavasti seisseet pystyssä toista sataa vuotta (mm. ÅKERHJELM 1952). Aukeilla ja hiekkaisilla mailla tuuli sitä vas-toin kaataa kuivat kelot varsin pian (RENVALL 1919).

#### SUMMARY:

#### ON THE TERMINATION OF DIAMETER GROWTH OF SCOTS PINE IN OLD AGE IN NORTHERNMOST FINNISH LAPLAND

The purpose of the present study is to throw light on the termination of diameter growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in old age in northernmost Finnish Lapland. The material consists of thirty over-mature, dying or already dead standing trees grown in natural state. In 1907 the stand was marked for cutting, but the harvest was never carried through. Now the old lables served as a means for cross-dating the year of the final termination of growth.

It was found that as pine becomes senile itse annual ring formation becomes incomplete. At first diameter growth stops in the middle part of the stem, then at the butt end, and at last on the canopy level. If the tree, however, begins to dry up from the crown, also the diameter growth stops there at first.

No clear correlation between the mean temperature of July and the dying of the trees was found.

The average age of dying for the pines in the stand was 420—450 years. After the tree has died it takes about 35—40 years before it has become a sil-very, branchless dead bole.

#### Kirjallisuus

- ANDERSSON, G. 1905. Om talltorkan i öfra Sverige våren 1903. Sv. skogsvårdsför. tidskr. 3: 449—477.  
FRITZ, E. ja AVERALL, J. 1924. Discontinuous growth rings in California redwood. Journ. For. 22:31—38.

- GLOCK, W. ja AGERTER, S. 1962. Rainfall and tree growth. Kirjassa: Kozlowski, T. T. (toim.) Tree growth, ss. 23—56. Ronald Press Co., New York.  
HUSTICH, I. 1948. The Scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. Acta Bot. Fenn. 42.  
ILVESSALO, Y. 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Comm. Inst. For. Fenn. 24.2.  
» 1952. Metsien kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Comm. Inst. For. Fenn. 40.1.  
KALELA, E. K. 1945. Suomen metsien puulajidynamiikkaa. Terra 57:1—19  
LAKARI, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Alterklassenverhältnisse der Kiefern-wälder auf dem nordfinnischen Heideboden. Acta For. Fenn. 5.1.  
LARSON, P. R. 1956. Discontinuous growth rings in suppressed slash pine. Tropical Woods 104:80—99.  
» 1963. Stem form development of forest trees. Forest Sci., Monogr. 5.  
LEIKOLA, M. 1962a. Puun vanhenemisen ja kuoleman ongelma. Valvoja 62:245—251.  
» 1962b. Tutkimuksia männyn sädekasvun loppumisesta ja puiden keloutumisesta La-pissa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.  
MIKOLA, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Comm. Inst. For. Fenn. 38.5.  
» 1952. Havumetsien viimeaikaisesta kehityksestä metsänrajaseudulla. Comm. Inst. For. Fenn. 40.2.  
RENVALL, A. 1919. Suojametsäksymyksestä I. Mäntymetsän elinehdot sen pohjoisella ra-jalla sekä tämän rajan alenemisen syyt. Acta For. Fenn. 11.1.  
SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland its ecology. Acta For. Fenn. 62.4.  
» 1961. Skogsgränställen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandi-navien under historiska tid. Comm. Inst. For. Fenn. 54.2.  
YLI-VAKKURI, P. 1953. Tutkimuksia puiden välisistä elimellisistä juuriyhteyksistä männi-köissä. Acta For. Fenn. 60.3.  
YOUNG, H. E. ja KRAMER, P. J. 1952. The effect of pruning on the height and diameter growth of loblolly pine. Journ. For. 50:474—479.  
ÅKERHJELM, L. 1952. Urskogsresten på kronoparken Alanäset i Jämtland. Sv. skogsvårdsför. tidsk. 50:275—291.